



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Technologia Materiałów Drogowych

prowadzący: **dr inż. Marcin Bilski**

**Zakład Budownictwa Drogowego
Instytut Inżynierii Lądowej
pok. 324B (bud. A2); K4 (hala A4)
*marcin.bilski@put.poznan.pl
bilski.put.poznan.pl***





WYKŁAD 2

Tematyka wykładu:

- projektowanie konstrukcji nawierzchni drogowych,
- materiały podbudów nawierzchni drogowych - wprowadzenie.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DROGOWYCH



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad



POLITECHNIKA GDAŃSKA
Katedra Inżynierii Drogowej

KATALOG

TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
PODATNYCH I PÓLSZTYWNYCH



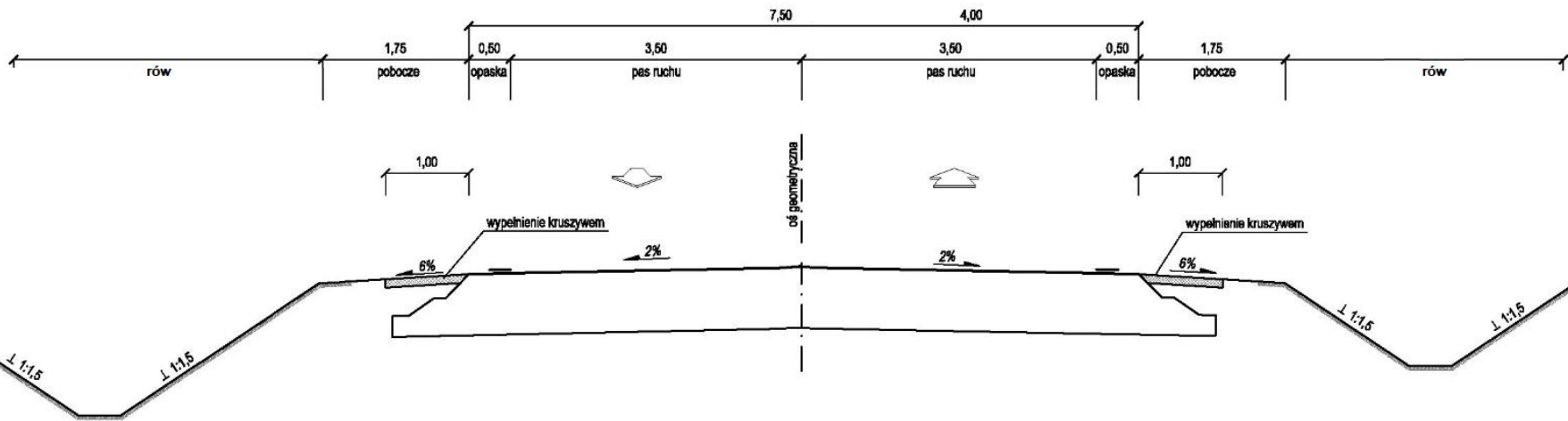
wersja 11.03.2013

Gdańsk, 2012



NASYP

WYKOP



Przykładowy przekrój drogi



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Procedura wymiarowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża gruntowego z użyciem katalogu





Ad. 1) Przyjęcie długości okresu projektowego konstrukcji nawierzchni w zależności od klasy drogi.




Okres projektowy wynosi w przypadku **nawierzchni podatnej/półsztywnej**:

- **30 lat** w przypadku autostrad i dróg ekspresowych,
- **20 lat** w przypadku pozostałych dróg.

W przypadku **nawierzchni sztywnej** okres projektowy wynosi **30 lat**.

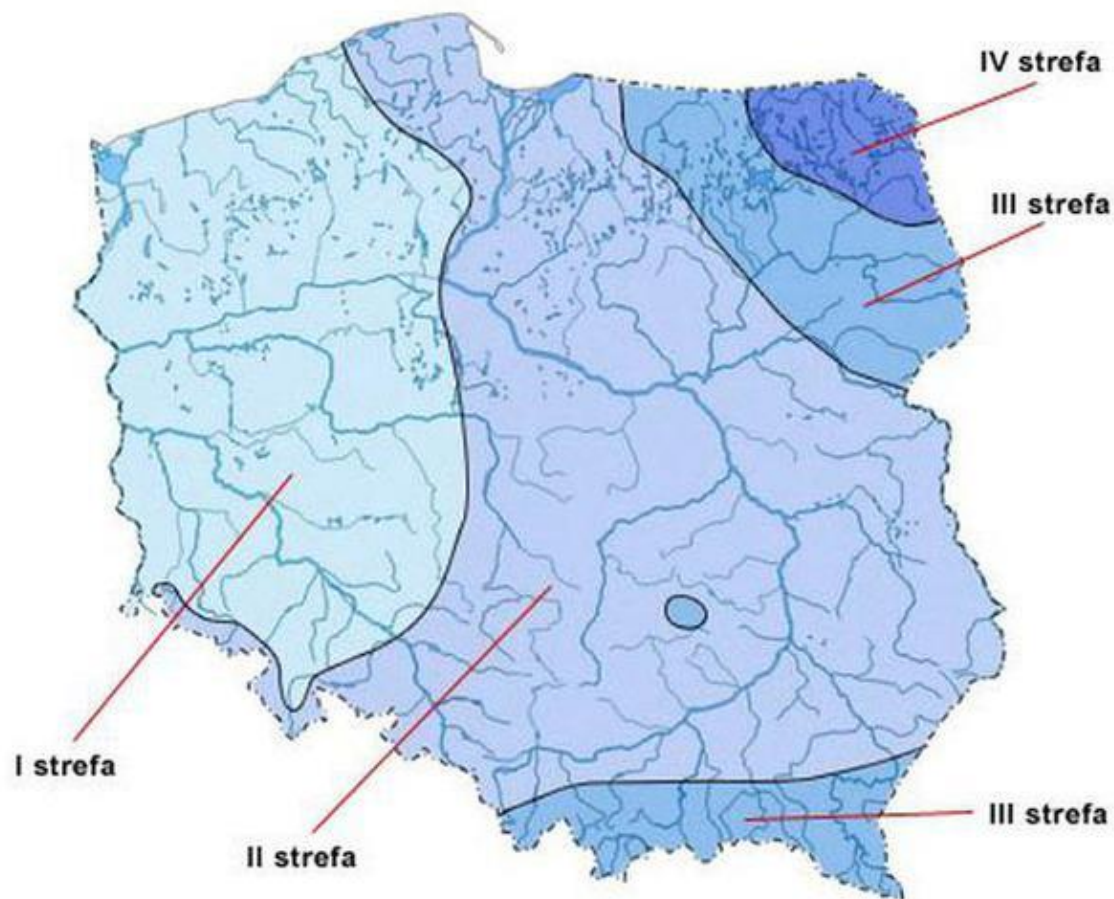


Ad. 2) Zebranie danych wejściowych do projektowania, dotyczących warunków geotechnicznych, obciążenia drogi ruchem i warunków klimatycznych.





POLITECHNIKA POZNAŃSKA



Rys. 2. Strefy przemarzania gruntu w Polsce



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Ad. 3) Obliczenie ruchu projektowego i wyznaczenie kategorii ruchu.



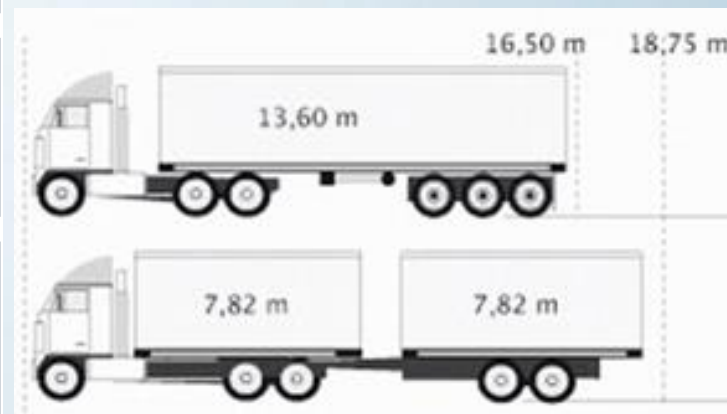
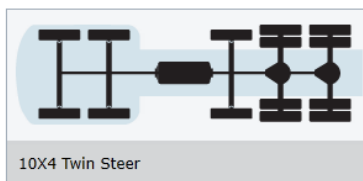
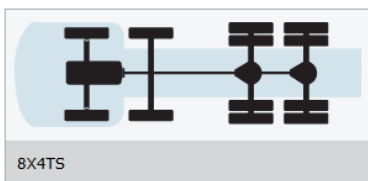
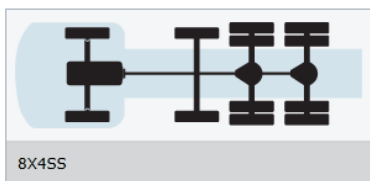
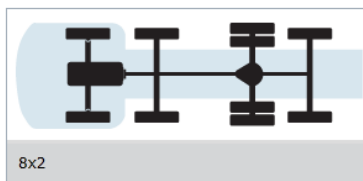
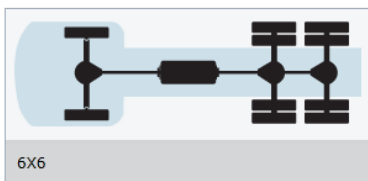
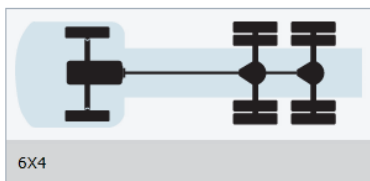
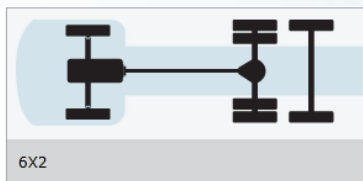
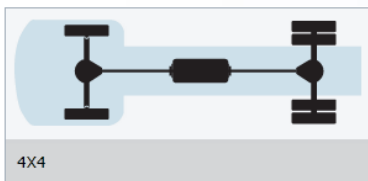
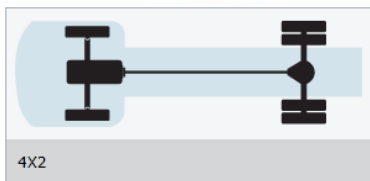


Ruch rzeczywisty przeliczany jest na **ruch projektowy** wyrażony sumaryczną liczbą **równoważnych osi standardowych 100 kN** (wszystkie konstrukcje nawierzchni) **lub 115 kN** (opcja możliwa w przypadku nawierzchni sztywnej) w całym okresie projektowym.

Oś standardowa – zastępcza oś pojedyncza o kołach pojedynczych i ustalonym obciążeniu (100 kN lub 115 kN).

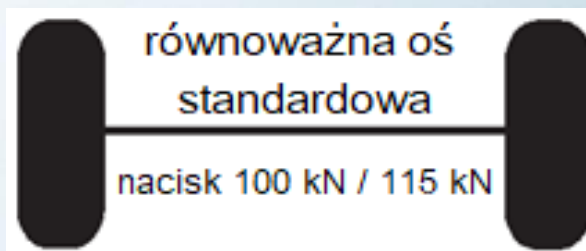


POLITECHNIKA POZNAŃSKA



Źródło: <https://truckscience.com>

Źródło: <http://www.dgslogistic.com>





Ruch projektowy, czyli sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN lub 115 kN przypadającą na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym oblicza się według wzorów:

- dla nawierzchni podatnej/półsztywnej

$$N_{100} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C + N_{C+P} \cdot r_{C+P} + N_A \cdot r_A)$$

- dla nawierzchni sztywnej

$$N_{100} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{100} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{100} + N_A \cdot r_A^{100})$$

$$N_{115} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{115} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{115} + N_A \cdot r_A^{115})$$



Tabela 1. Wartości współczynnika obliczeniowego pasa ruchu f_1

Lp.	Liczba pasów ruchu w dwóch kierunkach ruchu lub w jednym kierunku ruchu	Współczynnik f_1	
		N_C, N_{C+P} i N_A określone w dwóch kierunkach ruchu	N_C, N_{C+P} i N_A określone w jednym kierunku ruchu
1	2	3	4
1.	1	1,00	1,00
2.	2	0,50	0,90
3.	3	0,50	0,70
4.	4	0,45	0,70
5.	5	0,45	0,70
6.	6 i więcej	0,35	0,70



Tabela 2. Wartości współczynnika szerokości pasa ruchu f_2

Lp.	Szerokość pasa ruchu (s)	Współczynnik f_2
1	2	3
1.	$s \geq 3,50$ m	1,00
2.	$3,00 \leq s < 3,50$ m	1,06
3.	$2,75 \leq s < 3,00$ m	1,13
4.	$s < 2,75$ m	1,25



Tabela 3. Wartości współczynnika pochylenia niwelety f_3

Lp.	Pochylenie niwelety drogi (i)	Współczynnik f_3
1	2	3
1.	$i < 6\%$	1,00
2.	$6\% \leq i < 7\%$	1,10
3.	$7\% \leq i < 9\%$	1,25
4.	$9\% \leq i < 10\%$	1,35
5.	$i \geq 10\%$	1,45



Ruch rzeczywisty N_C ; N_{C+P} ; N_A oblicza się jako iloczyn:

- średniego dobowego ruchu pojazdów ciężkich danej kategorii (SDR),
- długości okresu projektowego (1 rok = 365 dni).



Tabela 4. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów na równoważne osie standardowe 100 kN przy podziale pojazdów na kategorie C, C+P i A w przypadku nawierzchni podatnej/półsztywnej


Lp.	Kategoria pojazdów	Przykładowe typy pojazdów	Rodzaj drogi			
			Autostrady i drogi ekspresowe	Drogi krajowe	Pozostałe drogi	
			Dopuszczalne obciążenie osi pojedynczej przyjęte do projektowania nawierzchni			
			115 kN	115 kN	115 kN	100 kN
1	2	3	4	5	6	7
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep C		0,50	0,50	0,45	0,45



Tabela 4. cd. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów na równoważne osie standardowe 100 kN przy podziale pojazdów na kategorie C, C+P i A w przypadku nawierzchni podatnej/półsztywnej

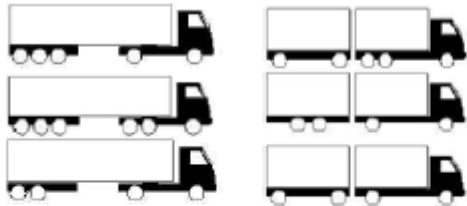

2.	Samochody ciężarowe z przyczepami C+P		1,95	1,80	1,70	1,60
3.	Autobusy A		1,25	1,20	1,15	1,05



Tabela 6. Klasyfikacja ruchu projektowego w przypadku nawierzchni podatnej/półsztywnej

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00$



Ad. 4) Ustalenie warunków gruntowo-wodnych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni.





Tabela 8. Klasyfikacja warunków wodnych podłoża gruntowego nawierzchni

Lp.	Charakterystyka korpusu drogowego		Warunki wodne, gdy najwyższy poziom swobodnego zwierciadła wody gruntowej występuje na głębokości poniżej spodu konstrukcji nawierzchni		
			< 1 m	1 ÷ 2 m	> 2 m
1	2	3	4	5	6
1.	Wykopy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	złe	przeciętne	dobre
2.	Nasypy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	przeciętne	przeciętne	dobre
3.	Wykopy > 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	złe	przeciętne	dobre
4.	Nasypy > 1 m	a	złe	przeciętne	dobre
		b	przeciętne	dobre	dobre

a – pobocza nieutwardzone,

b – pobocza utwardzone i szczelne oraz dobre odprowadzenie wód powierzchniowych

UWAGA: W przypadku sączeń wody w wykopach przyjąć warunki wodne o jeden stopień gorsze niż odczytane z tablicy.



Tabela 9. Podział gruntów pod względem wysadzinowości

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Grupy gruntów		
		Niewysadzinowe	Wątpliwe	Wysadzinowe
1	2	3	4	5
1.	Rodzaj gruntu wg PN-B-02480 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none">• Rumosz niegliniasty (KR)• Żwir (Ż)• Pospółka (Po)• Piasek gruby (Pr)• Piasek średni (Ps)• Piasek drobny (Pd)• Żużel nierozpadowy	<ul style="list-style-type: none">• Piasek pylasty (Pπ)• Zwietrzelina gliniasta (KWg)• Rumosz gliniasty (KRg)• Żwir gliniasty (Żg)• Pospółka gliniasta (Pog)	<u>Grunty mało wysadzinowe:</u> <ul style="list-style-type: none">• Gлина piaszczysta zwięzła (Gpz)• Gлина zwięzła (Gz)• Ił (I)• Ił piaszczysty (Ip)• Ił pylasty (Iπ)



Tabela 9. cd. Podział gruntów pod względem wysadzinowości

1.				<u>Grunty bardzo wysadzinowe</u> <ul style="list-style-type: none">• Piasek gliniasty (Pg)• Pył piaszczysty (πp)• Pył (π)• Gлина piaszczysta (Gp)• Gлина (G)• Gлина pylasta (Gπ)• Ił warwowy
2.	Zawartość cząstek, wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4, [%] $\leq 0,063$ mm $\leq 0,02$ mm	< 15 < 3	od 15 do 30 od 3 do 10	> 30 > 10
3.	Wskaźnik piaskowy wg BN-64/8931-01 ¹⁾ [%]	> 35	od 25 do 35	< 25



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Występują cztery grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni: G1, G2, G3 i G4.





Źródło: <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-816f41aa677f94554164d842b20f9998-c>



Tabela 10. Klasyfikacja grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni G_i

Lp.	Grupa nośności podłoża gruntowego G_i	Wskaźnik nośności CBR po 4 dniach nasączenia wodą ¹⁾ [%]	Wtórny moduł odkształcenia E_2 ¹⁾ [MPa]
1	2	3	4
1.	G1	$CBR \geq 10$	$E_2 \geq 80$
2.	G2	$5 \leq CBR < 10$	$50 \leq E_2 < 80$
3.	G3	$3 \leq CBR < 5$	$35 \leq E_2 < 50$
4.	G4	$2 \leq CBR < 3$	$25 \leq E_2 < 35$

1) warunki badania przyjęć wg normy PN-S-02205:1998



Tabela 11. Grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych

Lp.	Rodzaj gruntu podłoża nawierzchni wg tablicy 8.2	Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni, gdy warunki wodne są:		
		dobre	przeciętne	złe
1	2	3	4	5
1.	Grunty niewysadzinowe	G1	G1	G1
2.	Grunty wątpliwe	G2	G2	G3
3.	Grunty mało wysadzinowe ¹⁾	G3	G4	G4
4.	Grunty bardzo wysadzinowe ¹⁾	G4	G4	G4

Uwaga 1) W stanie zwartym lub twardeplastycznym ($I_L \leq 0,25$ lub $I_c \geq 0,75$ wg PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012 tablica 6); grunty wysadzinowe w stanie plastycznym, miękkoplastycznym lub bardzo miękkoplastycznym wykazują wartość wskaźnika CBR < 2% i wymagają indywidualnego projektowania.



Ad. 5) Wybór typowego rozwiązania warstwy ulepszonego podłoża oraz dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu oraz rodzaju materiałów przyjętych do poszczególnych warstw.



Tabela 12. Wymagania w zakresie nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu

Lp.	Kategoria ruchu	Wymagana nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni
1	2	3
1.	KR1-KR2	$E_2 \geq 80 \text{ MPa}$
2.	KR3-KR4	$E_2 \geq 100 \text{ MPa}$
3.	KR5-KR7	$E_2 \geq 120 \text{ MPa}$



Źródło: https://1.bp.blogspot.com/-vrYk_BTAc6k/VFY0xxqUhnI/AAAAAAAAACM/ZlInpoTBYeI/s1600/vss-1.jpg

Tabela 13. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR5, KR6 i KR7 ($E_2 \geq 120 \text{ MPa}$)

		TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4				
	G3				
	G2				
	G1				

LEGENDA:

PP - podbudowa pomocnicza
 WM - warstwa mrozochronna
 WUP - warstwa ulepszonego podłoża
 - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2

WUP* W przypadku typów 2 i 4 dla grupy nośności G2 WUP celowo przyjęta nad warstwą o nośności 50 MPa ze względu na ujednoczenie technologii z konstrukcjami podanymi w przypadku G3 i G4

UWAGA:

- 1) Wymagania materiałowe według rozdziału 7
- 2) Zasady wykonania warstw według rozdziału 9
- 3) Grubości warstw "h" podano w [cm]

- podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym;
- podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$;
- warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8 \text{ m/dobę}$;
- warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;
- warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa ulepszonego podłoża pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8 \text{ m/dobę}$;

Tabela 15. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR1 i KR2 ($E_2 \geq 80$ MPa)

		TYP 10 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)	TYP 11	TYP 12	TYP 13	TYP 14	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4	WM 30 80 MPa 25 MPa	WM 20 WUP 25 80 MPa 25 MPa	WM 22 WUP 24 80 MPa 25 MPa	WM 55 80 MPa 25 MPa	WUP 65 80 MPa 25 MPa	<p>LEGENDA:</p> <p>PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozochronna WUP - warstwa ulepszonego podłoża</p> <p>▼ - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2</p> <p>UWAGA:</p> <p>1) Wymagania materiałowe według rozdziału 7 2) Zasady wykonania warstw według rozdziału 9 3) Grubości warstw "h" podano w [cm]</p>
	G3	WM 22 80 MPa 35 MPa	WM 15 WUP 22 80 MPa 35 MPa	WM 22 WUP 15 80 MPa 35 MPa	WM 40 80 MPa 35 MPa	WUP 45 80 MPa 35 MPa	
	G2	WM 15 80 MPa 50 MPa	WM 15 80 MPa 50 MPa	WM 22 80 MPa 50 MPa	WM 22 80 MPa 50 MPa	WUP 25 80 MPa 50 MPa	
	G1	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	



warstwa mrozochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;



warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 25\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;



warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;




warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;



Ad. 6) Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odsączającej i w razie takiej potrzeby nadanie tej funkcji warstwie mrozochronnej lub warstwie ulepszonego podłoża.



Ad. 7) Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odcinającej i w razie takiej potrzeby zaprojektowanie tej warstwy.





Ad. 8) Wybór typowego rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od projektowanego materiału podbudowy zasadniczej.

Tabela 16. TYP A1 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{90/3}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP A1							

LEGENDA:

- warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej;
- warstwa wiążąca z betonu asfaltowego;
- warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego;
- warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{90/3};
- wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂

Tabela 27. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$, $C_{5/6}$

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	$\leq 0,15$	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	$> 101,25$
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	$\leq 0,06$	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	$> 38,00$
Typ IV				-	-	-	-
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	-	-	-	-
Legenda:	<p> warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$ warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym $C_{5/6}$ warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwalenie lub geowłóknina wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 </p>						



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Ad. 9) Sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny.





Rys. 3. Głębokość przemarzania gruntu h_z wg PN-81/B-03020



Tabela 28. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na odporność na wysadzinę

Lp.	Kategoria obciążenia ruchem	Grupa nośności podłoża z gruntów wątpliwych i wysadzinowych		
		G2	G3	G4
1	2	3	4	5
1.	KR1	0,40 h _z	0,50 h _z	0,60 h _z
2.	KR2	0,45 h _z	0,55 h _z	0,65 h _z
3.	KR3	0,50 h _z	0,60 h _z	0,70 h _z
4.	KR4	0,55 h _z	0,65 h _z	0,75 h _z
5.	KR5	0,60 h _z	0,70 h _z	0,80 h _z
6.	KR6 i KR7	0,65 h _z	0,75 h _z	0,85 h _z



Ad. 10) W przypadku niespełnienia warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny odpowiednie zwiększenie grubości warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża. Ponowne sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny.



Ad. 11) Przyjęcie rozwiązania przeciwdziałającego spękanom odbitym w przypadku zastosowania nawierzchni półsztywnej.



Ad. 12) Określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni.



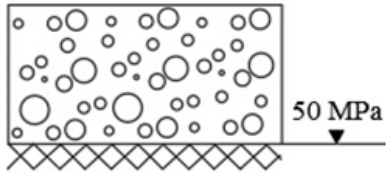
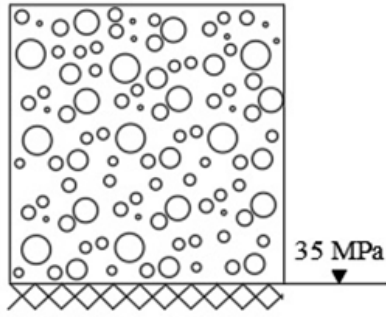
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

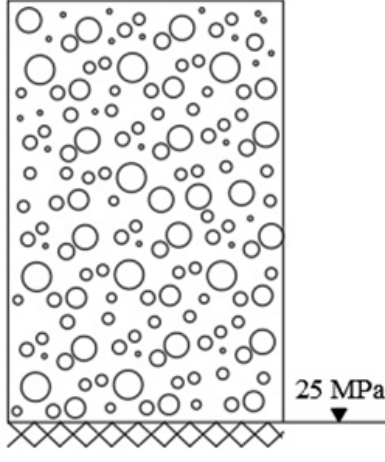

„Katalog nawierzchni Politechniki Poznańskiej”





Wzmocnienie podłoża (doprowadzanie do G1)

Grupa nośności podłoża	Schemat konstrukcji
G2	<p>h [cm]</p> <p>10</p> 
G3	<p>h [cm]</p> <p>20</p> 

Grupa nośności podłoża	Schemat konstrukcji
G4	<p>h [cm]</p> <p>30</p> 
Legenda:	
	wzmocnienie podłoża – pianobeton PB600



Katalog typowych konstrukcji nawierzchni półpodatnych

Kategoria Ruchu	KR0	KR1
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	< 0,03	0,03 – 0,09
Schemat konstrukcji	<p>h [cm]</p> <p>4</p> <p>15</p> <p>19</p> <p>80 MPa</p>	<p>h [cm]</p> <p>4</p> <p>20</p> <p>24</p> <p>80 MPa</p>
Legenda:	<p>■ warstwa zamykająca (ścieralna) z betonu asfaltowego – $E (T=10^{\circ}\text{C}) = 9500 \text{ MPa}$</p> <p>□ podbudowa (warstwa nośna) z pianobetonu PB1000 (gęstość 1000 kg/m^3) – $E = 4000 \text{ MPa}$</p>	

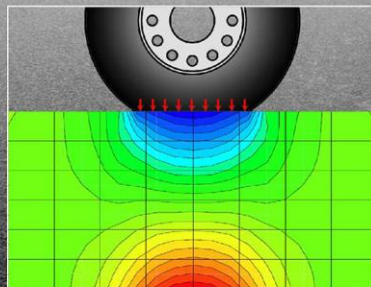


POLITECHNIKA POZNAŃSKA

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Analizy i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych

Józef Judycki
Redaktor pracy zbiorowej



W KiŁ

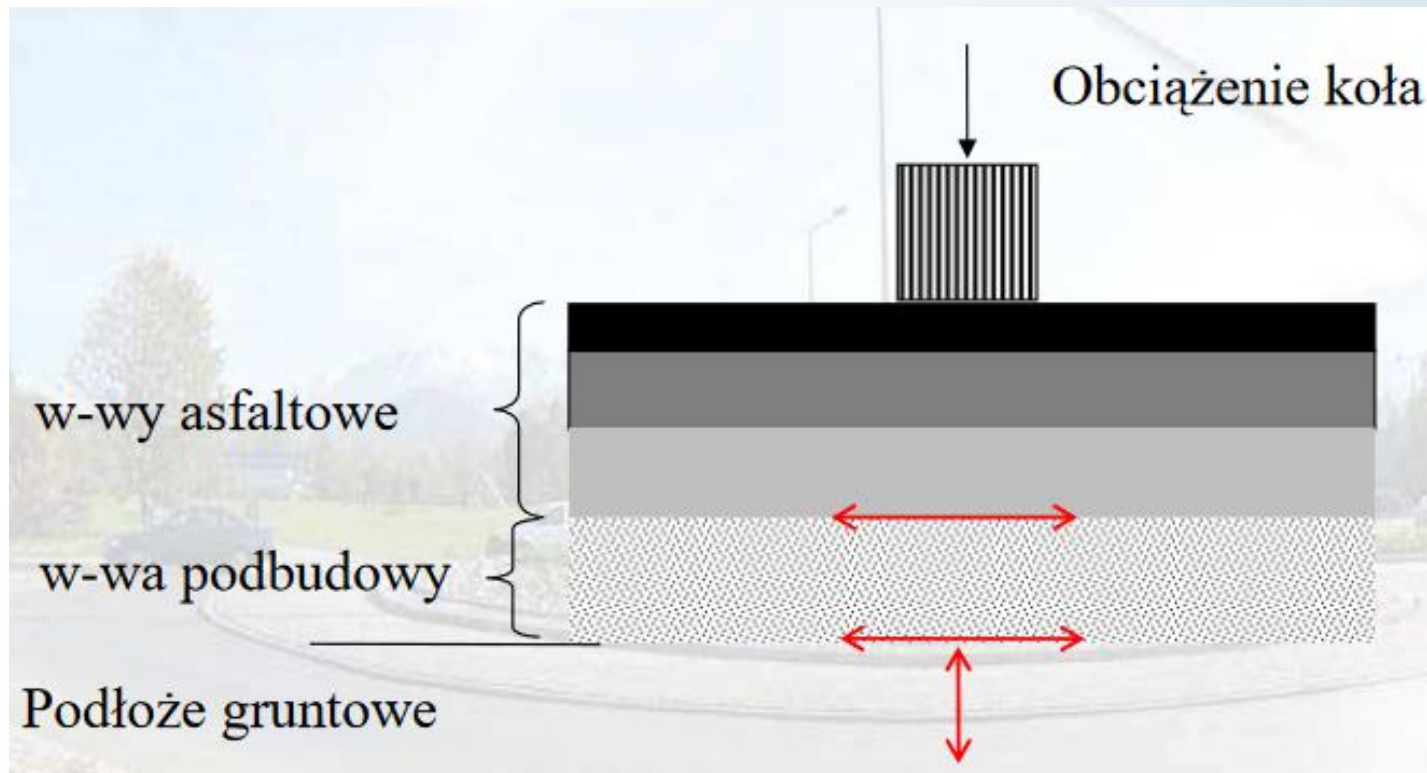
Józef Judycki, Analizy i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, WKiŁ, Warszawa 2015



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DROGOWYCH METODAMI MECHANISTYCZNO- EMPIRYCZNYMI





Źródło: http://edroga.pl/images/stories/dim_projektowanie/projektowanie_mechanistyczno_empiryczne/referat_dawid_siemienski.pdf



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

PROJEKTOWANIE WZMOCNIEŃ KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DROGOWYCH METODĄ UGIĘĆ





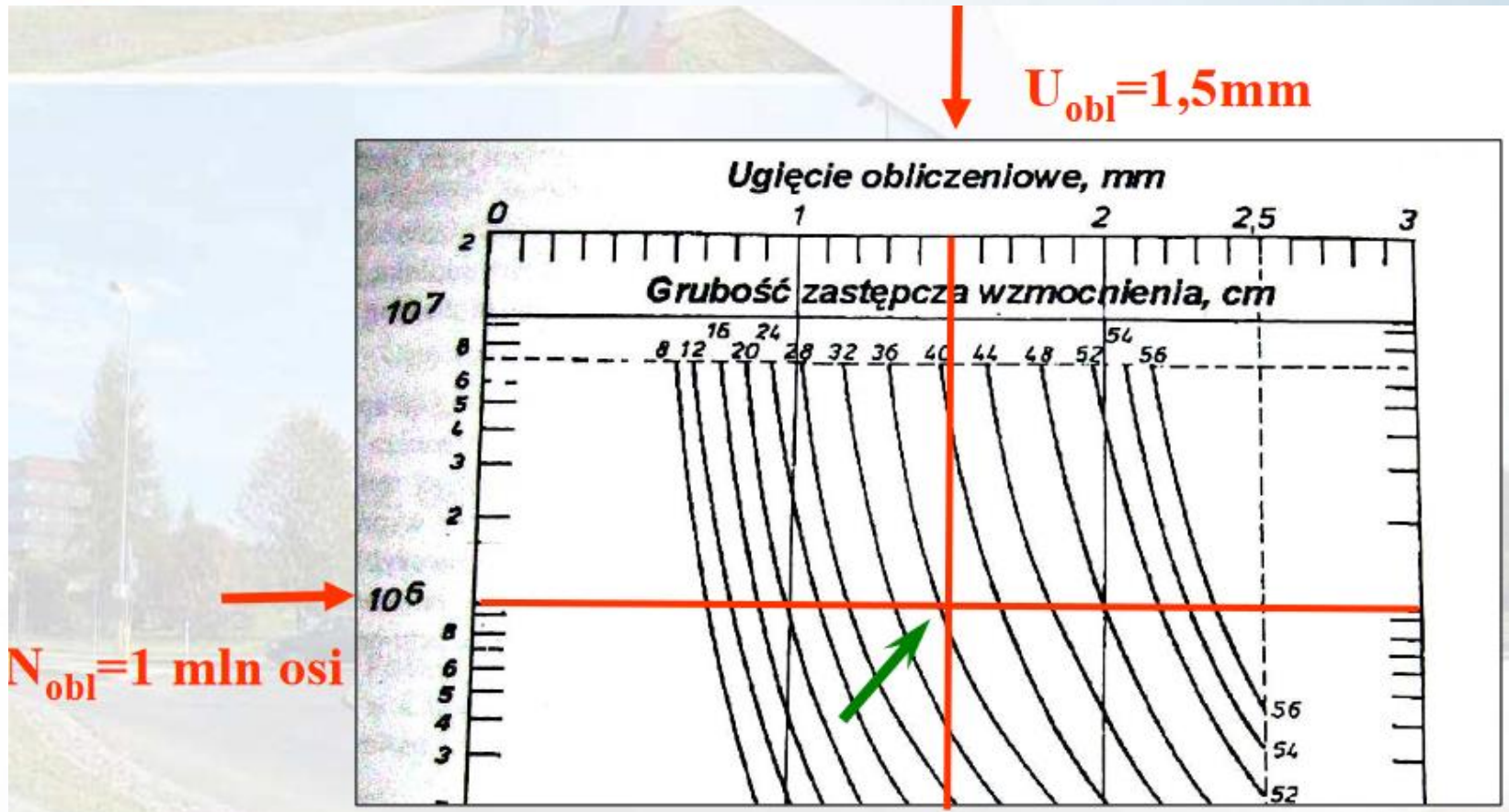
Pomiar ugięć przy użyciu belki benkelmana (metoda statyczna)

Źródło: <https://www.pgaqua.pl/>



Metodą ugięć:

- wyznacza się zastępczą grubość wzmocnienia na podstawie nomogramu,
- oblicza grubości poszczególnych warstw dzięki współczynnikom materiałowym.

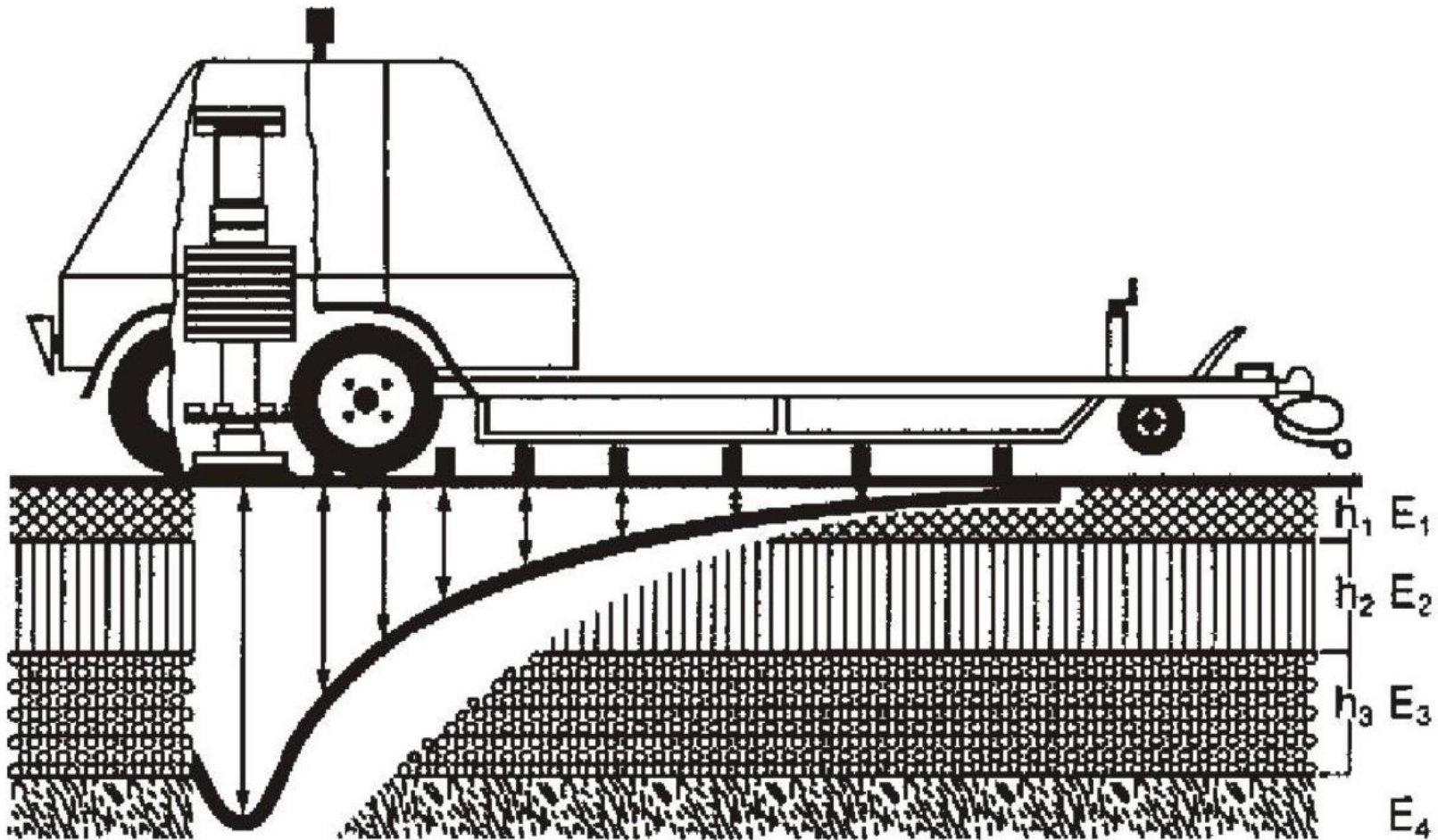


Źródło: http://edroga.pl/images/stories/dim_projektowanie/projektowanie_mechanistyczno_empiryczne/referat_dawid_siemienski.pdf



Rys.5. Pomiar ugięć przy użyciu ugięciomierza dynamicznego FWD

Źródło: https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow_3435//documents/sprawozdanie-td-80.pdf



Rys.6. Schemat badania ugięciomierzem FWD (wraz z czasem ugięć)

Źródło: https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow_3435//documents/sprawozdanie-td-80.pdf



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

MATERIAŁY PODBUDÓW NAWIERZCHNI DROGOWYCH



Materiały wykorzystywane w warstwie podbudowy w nawierzchni drogowej:

- **mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy AC,**
- **mieszanka niezwiązana z kruszywa lub gruntu,**
- **mieszanka związana spoiwem hydraulicznym z kruszywa lub gruntu,**
- **pianobeton, keramzyt.**



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

